

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0076212
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 03일
Date of Application DEC 03, 2002

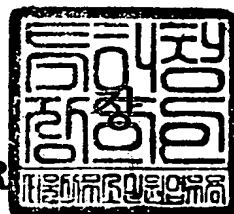
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institut



2003 03 20
 년 월 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2002. 12. 03
【국제특허분류】	G02B
【발명의 명칭】	양방향 광송수신 모듈 및 그 구동 방법
【발명의 영문명칭】	Bidirectional transceiver and method of driving the same
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2001-038378-6
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2001-038396-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성복
【성명의 영문표기】	KIM, Sung Bock
【주민등록번호】	650913-1400411
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 209-1605
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	심은덕
【성명의 영문표기】	SHIM, Eun Duk
【주민등록번호】	710215-1119722

【우편번호】	305-805
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 208-8번지 들빛촌아파트 103호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김기수
【성명의 영문표기】	KIM, Ki Soo
【주민등록번호】	720202-1480716
【우편번호】	560-849
【주소】	전라북도 전주시 완산구 풍남동3가 23-14
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	3 면 3,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	8 항 365,000 원
【합계】	397,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	198,500 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

광 망 종단 장치(Optical network unit: ONU)용의 양방향 광송수신 모듈 및 그 구동 방법에 관하여 개시한다. 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 $1.3\mu\text{m}$ 대역의 빛에 대한 발광 기능을 행하는 활성층과, 상기 활성층에 인접하게 형성된 DBR (distributed Bragg reflection) 거울을 포함하는 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD를 포함한다. DBR 거울은 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에서 나오는 상향 신호가 PD에 흡수를 되는 것을 막기 위하여 형성한 것이며, 후단에 버트 결합 방식으로 모니터링 PD와 광 신호 검출용 PD를 집적하였다. $1.3\mu\text{m}$ DBR LD, 모니터링 PD, 및 광 신호 검출용 PD는 각각 절연 영역에 의하여 전기적으로 분리되어 있다. 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈을 구동하기 위하여, $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에 형성된 p-전극에 순방향 바이어스(+)를 인가하고, 상기 모니터링 PD 및 광 신호 검출용 PD에 형성된 p-전극에 역방향 바이어스(-)를 인가하고, 공통 전극인 n-전극을 접지한다.

【대표도】

도 4

【색인어】

양방향 광송수신, DBR LD, DBR 거울, 활성층,



【명세서】

【발명의 명칭】

양방향 광송수신 모듈 및 그 구동 방법{Bidirectional transceiver and method of driving the same}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래 기술의 일 예에 따른 ONU용 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 종래 기술의 다른 예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 종래 기술의 또 다른 예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 제조 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 단면도들이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈에서 양방향 통신에 사용되는 상향과 하향 신호 광들이 각 영역에서 어떻게 흡수되는가를 도식적으로 설명하기 위한 도면이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

300: 기판, 301: n형 클래드층, 302: 활성층, 303: p형 클래드층, 304: 유전체 마스크, 306: 반도체층, 308: InGaAs 광 검출층, 309: p형 클래드층, 310: 1.3 μ m DBR LD, 314: DBR 거울, 320: 모니터링 PD, 330: 광 신호 검출용 PD, 345, 346: 절연 영역, 350a, 350b, 350c: p-전극, 360: n-전극.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 비동기 전송 방식 수동 광통신망 (asynchronous transfer mode passive optical network: ATM-PON)에 사용하는 광송수신 모듈에 관한 것으로, 특히 광 망 종단 장치 (Optical network unit: ONU)에 사용하는 1.3 μ m 대역의 송신 소자인 레이저 다이오드 (laser diode:LD)와 1.55 μ m대역을 흡수하는 수광 소자인 광검출기 (photodiode: PD)를 단일 칩(chip)에 집적한 ONU용 광송수신 모듈에 관한 것이다.

<10> ITU-T G.983.1에서 권고하는 ATM-PON 통신망에서는, 1.3 μ m 파장 대역의 상향 신호와 하향 신호로 1.55 μ m 파장을 사용하여 전송하는 양방향 통신이 이용된다. 양방향 광 통신을 위한 통상의 광 통신용 모듈은 송신 모듈과 수신 모듈로 나뉘어져 별도의 광 섬유 선을 통하여 송신 및 수신을 한다. 최근 들어 광 송신 부분과 수신 부분이 하나의 패키지 내에 집적된 광송수신 모듈이 개발되었으나, 이 역시 별도의 광섬유 선을 사용함에는 변함이 없다. 송신과 수신을 별도의 광 섬유 선을 사용하는 대신 한 가닥의 광 섬유 선을 이용하여 송신 및 수신을 할 수 있도록 하면 광 섬유의 포설 비용을 절감할 수 있

으며, 이에 따라 여러 가지 광 부품의 수 또한 줄게 되어 더욱 경제성 있는 광 통신망을 구현 할 수 있게 된다.

<11> 광 송신과 수신 of 양방향 통신을 한 가닥의 광섬유로 이용하여 동시에 전송하는 방법은 이미 시도되고 있으며 광송수신 모듈이 제작되고 있다. 이러한 양방향 광 통신에 사용하는 종래의 광송수신 모듈은 한 개의 광 경로를 두개로 나누어 주는 Y자형 광분기 도파로 소자, WDM (wavelength division multiplexing) 필터, 발광 소자인 반도체 레이저, 및 수광 소자인 광 검출기 소자로 구성되어 있으며, 이들을 하이브리드 방식으로 집적하는 방법이 이용된다.

<12> 도 1은 종래 기술의 일 예에 따른 ONU용 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 나타낸 것으로, 단위 광소자를 하이브리드 방식으로 집적한 광송수신 모듈을 예시한 것이다.

<13> 도 1을 참조하면, 광섬유를 통하여 입력되는 $1.55\mu\text{m}$ 대역의 광 신호는 Y자형 광분기 도파로(10)를 통하여 분기되어 WDM 필터(12)를 거쳐 PD로 구성되는 광 검출기(14)에서 신호가 검출된다. 또한, 광원 소자인 LD(22)에서 나오는 $1.3\mu\text{m}$ 대역의 광 신호는 Y자형 광분기 도파로(10)에 결합되어 광도파로를 진행하다 Y자형 광분기점을 지나 공통 도파로를 거쳐 광 섬유(30)로 광 결합하여 나가게 된다. $1.3\mu\text{m}$ 대역의 발신 광 신호가 반사되어 광 검출기(14)로 들어가는 것을 막기 위하여 WDM 필터(12)를 삽입한다. 도 1에서, 참조 부호 "24"는 모니터링 PD를 나타낸다.

<14> 도 1에 도시한 광송수신 모듈을 제작하기 위하여, 먼저 발광 소자, 수광 소자, WDM 필터, Y자형 광분기 도파로 등을 각각 제작한 후, 정밀 광 정렬 방식을 이용하여 패키징

한다. 이러한 방법에서는 Y자형 광분기 도파로 및 각 광소자간 수 차례의 정밀한 광 정렬을 통한 광 결합을 해야 하므로 전체적으로 삽입 손실이 매우 크고, 송신되는 광 출력 및 수신되는 광의 수신 감도를 모두 악화시키는 단점이 있다. 더욱이, 각각의 광 소자를 별도로 제작하고 이를 정밀한 광 정렬 패키징 공정을 통하여 광결합시켜 광 모듈을 제작하여야 하므로 패키징 비용이 증가하여 저가형 모듈을 만드는 데 어려움이 있으며, 소형화하기 어려운 단점이 있다.

<15> 상기한 바와 같은 종래 기술의 단점인 많은 광 부품과 다단계의 광 정렬 패키징 공정을 극복하기 위하여, 반도체 레이저, 광 검출기, 광분기 도파로 등의 부품을 반도체 공정을 이용하여 하나의 기판 위에 집적하여 제작하는 방법이 시도되고 있다. 이러한 기술로 제작된 집적 소자는 개별 소자를 사용할 때 보다 특성이 우수하다. 또한, 여러 번의 광 정렬이 필요없이 광섬유만 정렬하면 되기 때문에 패키징 공정의 단순화를 꾀할 수 있다. 그러나, 이 방법 역시 광 분기 도파로를 사용하기 때문에 삽입 손실을 피할 수 없고, 소형화가 어려우며, 단일 칩 집적 공정이 어렵고, 제작 공정이 복잡하여 각각의 단위 소자들을 최적화시켜 높은 수율을 얻는 것이 매우 어렵다.

<16> 도 2는 종래 기술의 다른 예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

<17> 도 2를 참조하면, 양방향 광소자(110)를 수광 소자(110a) 쪽이 아래쪽을 향하게 하여 수동 정렬용 기판(141) 위에 플립칩 본딩하고, 단면이 기울게 연마된 광섬유(120)의 뾰족한 부위가 상기 수광 소자(110a) 쪽으로 향하도록 상기 광섬유(120)를 광섬유 정렬용 V-홈(143a)에 정렬하고 고정한다. 실리콘 젤 등의 굴

절을 조절 매체(125)에 의하여 광소자(110)와 광섬유(120) 사이의 공간이 채워진다. 상기 광소자(110)의 모니터링 PD(136)쪽 후면에는 반사 수단(133)이 실장된다.

<18> 도 2에 예시된 구조는 광원인 레이저와 모니터링 PD, 광신호 검출용 PD를 수직 방향으로 집적한 양방향 통신용 광송수신 모듈로서, 스넬의 법칙으로부터 광섬유의 끝단을 적절한 각도(35°)로 연마하여 집적된 광통신 모듈과 광 정렬함으로써 레이저에서 나온 빛은 광섬유 코어로 입사하고, 반면 광섬유에서 나오는 신호 빛은 수광 소자로 입사되어 검출되게 설계하였다. 이 방법에 의하면, 반도체 성장 기법을 이용하여 수직으로 레이저와 수광 소자를 집적하므로 광 모듈 제작이 용이하며, Y자형 광분기 도파로 및 다양한 광소자의 정밀 광정렬이 필요없다. 그러나, 광섬유를 소정의 각도로 연마한 특수 광섬유를 사용해야 하며, 광 섬유와 모듈간의 매우 어려운 광 정렬이 수반되므로, 패키징 비용을 줄이기 어렵다. 또한, 레이저에서 나오는 신호 빛이 광섬유에서 반사되어 수광 소자로 입사 될 경우 송신광과 수신광이 섞이게 되어 수신 정보를 잘못 해석할 수 있다. 따라서, 광섬유에서 반사되는 발신 광이 수광 소자의 수신 감도 (-40dBm)보다 작아야 하는 매우 어려운 광 정렬 및 광섬유의 정밀 가공이 필요한 단점이 있어 패키징 비용이 매우 높을 뿐 아니라 수율이 매우 낮다.

<19> 도 3은 종래 기술의 또 다른 예로서, Alcatel에서 OFC/I00C 1999 Technical Digest에 발표된 양방향 광송수신 모듈(200)을 예시한 것이다.

<20> 도 3에 예시된 양방향 광 송수신 모듈(200)은 3개 부분으로 나뉘며, 그 첫번째 부분은 $1.3\mu\text{m}$ 대역의 DFB 레이저(210)로 구성되고, 두번째 부분은 $1.3\mu\text{m}$ 의 파장

을 흡수하는 흡수층(220)으로 구성되며, 마지막 세번째 부분은 $1.55\mu\text{m}$ 의 광신호를 검출할 수 있는 수광 소자(230) 부분으로 나뉜다. 도 3의 구성에 있어서, 하향 신호로 내려오는 $1.55\mu\text{m}$ 의 수신 광 신호는 $1.3\mu\text{m}$ DFB 레이저(210) 및 $1.3\mu\text{m}$ 흡수층(220)에서 흡수되지 않고 수광 소자(230) 부분에서 검출되고, $1.3\mu\text{m}$ DFB 레이저(210)의 송신 신호는 광섬유를 통하여 상향으로 전송되고, 후단으로 나오는 광신호는 $1.3\mu\text{m}$ 흡수층(220)에서 흡수되도록 고안되었다. 그러나, 가운데 부분인 흡수층(220)에서는 $1.3\mu\text{m}$ DFB 레이저(210)로부터 나오는 송신 신호를 광검출기인 수광 소자(230)의 수신 감도 (-40dBm) 이하로 완벽하게 흡수해야 광송신 신호와 수신 신호로 구분하여 수신 정보를 정확히 전송할 수 있다. 그러나, 흡수층(220)에서 매우 큰 출력의 송신광을 완벽하게 흡수하기는 매우 어려워 집적화 및 광 정렬의 단순성이 있음에도 불구하고 실용화되기 어렵다.

<21> 상기와 같이, 광통신에서 광섬유의 포설 비용과 광 부품의 수를 줄이기 위해 송신과 수신을 동일한 광섬유로 이용하는 양방향 광송수신 모듈에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 여러 개의 단위 광소자를 하이브리드 방식으로 집적하는 기술은 모듈의 크기가 커질 뿐 아니라 삽입 손실이 크고 정밀한 광 정렬이 필요하여 경제성이 낮고 높은 수율을 기대하기 힘들다. 또한, 지금까지 제안된 단일 집적 기술은 광 송신 신호와 수신 신호가 섞이지 않고 정확한 수신 정보를 얻기 위해서는 해결해야 부분을 많이 가지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22> 본 발명의 목적은 상기한 바와 같은 종래 기술에서의 문제점들을 해결하고자 하는 것으로, 양방향 통신을 구현하기 위하여 한 가닥의 광 섬유로 송신과 수신을 동시에 하는 광송수신 모듈에 있어서, 광 송신용 반도체 레이저와 광 수신용 수광 소자인 광검출

기를 단일 칩으로 집적시켜 광섬유와의 결합 효율을 증대시킬 수 있으며, 패키징 비용을 줄이고 소자의 수를 줄여서 낮은 단가로 제조될 수 있는 양방향 광송수신 모듈을 제공하는 것이다.

<23> 본 발명의 다른 목적은 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구동 방법을 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<24> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 $1.3\mu\text{m}$ 대역의 빛에 대한 발광 기능을 행하는 활성층과 상기 활성층에 인접하게 형성된 DBR (distributed Bragg reflection) 거울을 포함하는 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD와, $1.3\mu\text{m}$ 파장의 빛은 흡수하고 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 빛은 투과하도록 소정의 에너지 띠 간격을 가지는 모니터링 PD와, $1.55\mu\text{m}$ 파장의 신호를 흡수하도록 소정의 에너지 띠 간격을 가지는 광 신호 검출용 PD를 포함한다. 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD, 모니터링 PD, 및 광 신호 검출용 PD는 절연 영역에 의하여 각각 전기적으로 분리되어 있다. 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD, 모니터링 PD, 및 광 신호 검출용 PD에 각각 p-전극이 형성되어 있다. 또한, 공통 전극으로서 n-전극을 포함한다.

<25> 상기 DBR 거울은 95 ~ 99%의 반사율을 가진다.

<26> 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 상기 DBR 거울을 통하여 나오는 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 신호를 완벽하게 흡수하기 위하여 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에 인접하게 형성된 InGaAsP 반도체층을 더 포함한다. 상기 InGaAsP 반도체층은 에너지 띠 간격이 $0.85 \sim 0.9\text{eV}$ 이다. 상기 InGaAsP 반도체층은 버트 결합(butt-joint) 방식의 재성장기에 의하여 상기 활성층에 인접하도록 형성되어 있다.

- <27> 또한, 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 하향의 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 광신호를 흡수하기 위하여 상기 모니터링 PD에 인접하게 형성된 InGaAs 광 검출층을 더 포함한다. 상기 절연 영역은 화학 식각 또는 이온 주입 방법에 의하여 형성된 것이다.
- <28> 상기 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구동 방법에서는 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에 형성된 p-전극에 순방향 바이어스(+)를 인가한다. 상기 모니터링 PD 및 광 신호 검출용 PD에 형성된 p-전극에 역방향 바이어스(-)를 인가한다. 상기 n-전극을 접지한다.
- <29> 본 발명에 의하면, 종래 기술에 따른 소자에 비하여 소자의 특성이 우수하며 광분기가 없어 삽입 손실도 작을 뿐 아니라 광소자의 갯수도 작고 광 정렬이 간단하므로 모듈 단가를 낮출 수 있다. 또한, 정렬이 간단하고 특수 광섬유를 사용하지 않고 일반 광섬유를 사용할 수 있으며, 송신 소자와 수신 소자를 수평으로 집적하고 송신 신호를 DBR 거울로 막으므로 PD에서의 송신 신호 및 수신 신호 사이에서의 크로스토크(crosstalk)를 개선할 수 있다.
- <30> 다음에, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <31> 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광통신용 ONU 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 도면이다.
- <32> 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 양방향 광통신용 ONU 광송수신 모듈은 $1.3\mu\text{m}$ DBR (distributed Bragg reflection) LD(310), 모니터링 PD(320), 및 광 신호 검출용 PD(330)의 3개 영역이 순차적인 에너지 띠 간격을 가지고 형성되어 있으며, 이들 영역

은 각각 화학적 습식 식각 공정이나 이온 주입을 통하여 전기적으로 절연되어 독립적으로 발광, 광출력 검출, 광신호 검출의 기능을 가진다.

<33> 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 $1.3\mu\text{m}$ 대역의 광 신호를 만들 수 있는 다중 양자 우물의 활성층(302)과, 상기 활성층(302)과 인접하여 형성된 $1.3\mu\text{m}$ DBR 거울(314)을 포함한다. 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR 거울(314)에 의하여 후단의 수광 영역으로 광 신호가 흡수되는 것을 막을 수 있다. 그리고, $1.3\mu\text{m}$ 파장의 빛은 흡수하고 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 빛은 흡수하지 못하도록 소정의 에너지 띠 간격을 가지는 모니터링 PD(320)가 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR 거울(314)에 연이어 위치한다. 상기 모니터링 PD(320)에 이어서 $1.55\mu\text{m}$ 의 하향 수신 신호를 흡수하기 위한 수광 소자인 광검출기 즉 광 신호 검출용 PD(330)가 마지막으로 위치한다.

<34> 또한, 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD(310)와 모니터링 PD(320) 사이, 및 상기 모니터링 PD(320)와 광 신호 검출용 PD(330) 사이에는 이들 각 영역을 전기적으로 절연시키기 위하여 화학 식각 방법 또는 이온 주입 방법에 의하여 형성된 절연 영역(345, 346)이 포함되어 있다. 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD(310)에는 순방향 바이어스(+)를 인가하고, 상기 모니터링 PD(320) 및 광 신호 검출용 PD(330)에는 역방향 바이어스(-)를 인가한다.

<35> 도 4에서, 참조부호 "306"은 모니터링 PD(320)의 흡수층을 나타내고, "308"은 InGaAs 광 검출층을 나타낸다.

<36> 도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 제조 방법을 설명하기 위하여 공정 순서에 따라 도시한 단면도들이다.

- <37> 도 5a를 참조하면, n형 InP 기판(300) 위에 n형 클래드층(301)을 성장시킨 후, $1.3\mu\text{m}$ 의 중심 파장을 가지는 활성층(302)을 다중 양자 우물로 성장시킨다. 그 후, 상기 활성층(302) 위에 p형 클래드 층(303)을 반도체 성장 기법을 이용하여 성장시킨다. 중심 파장이 $1.3\mu\text{m}$ 대역인 상기 활성층(302)은 상향의 광신호를 생성하며, 하향의 $1.55\mu\text{m}$ 대역의 광신호는 투명하게 흡수없이 투과시키는 역할을 한다.
- <38> 도 5b를 참조하면, $1.3\mu\text{m}$ 파장 빛의 충분한 광 이득을 얻기 위하여, 유전체 마스크(304)를 사용하여 소정 길이(L), 예를 들면 약 $300\mu\text{m}$ 의 활성층(302)만 남도록 상기 활성층(302)을 패터닝한 후, 습식 식각 공정 및 버트 결합(butt-joint) 방식의 재성장을 통하여 $0.85 \sim 0.9\text{eV}$ 사이의 에너지 띠 간격을 가지는 반도체층(306)을 성장시킨다. 상기 반도체층(306)은 InGaAsP층으로 구성된다. 상기 반도체층(306)은 도 4에 도시된 DBR 거울(314) 및 모니터링 PD(320)의 흡수층으로 사용된다. 에너지 띠 간격이 $0.85 \sim 0.9\text{eV}$ 인 InGaAsP층은 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 상향의 광신호는 흡수하는 반면 하향의 광신호는 투과시킨다. 따라서, 신호 광이 마지막 단에 위치한 광 신호 검출용 PD(330)까지 손실없이 전달될 수 있는 구조를 가진다.
- <39> 도 5c를 참조하면, 상기 활성층(302)의 후단에 $1.3\mu\text{m}$ 에 해당하는 회절 격자를 세거이를 이용하여 DBR 거울(314)을 제작한다. 상기 DBR 거울(314)과 활성층(302)이 결합하여 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD(310)를 구성한다. 따라서, 송신용 광원은 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD(310)로 구성되며, 공진 거울로서 한쪽은 벽개면을 사용하고 다른 한쪽은 회절 격자인 DBR 거울(314)을 사용한다. 이 때, 상기 DBR 거울(314)의 주기는 $95 \sim 99\%$ 의 반사율을 가지도록 설계한다. 이와 같이 설계함으로써 상기 DBR 거울(314)의 거울면으로부터 나오는 빛의 세기를

적절히 줄이고, 그 빛은 후단에서 상기 반도체층(306)으로 구성되는 모니터링 PD(320)의 흡수층에 완전히 흡수되어 레이저의 광 출력을 검출하는 동시에 마지막 단에 있는 광 신호 검출용 PD(330)까지 광이 전달되는 것을 막을 수 있다.

<40> 이 때, 상기 모니터링 PD(320)의 길이는 두가지 측면을 고려하여 설계된다. 첫번째로 상기 DBR 거울(314)을 통하여 나오는 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 빛을 완전히 흡수할 수 있는 길이로 설계 되어야 한다. 이를 위하여는 상기 모니터링 PD(320)의 길이는 길수록 유리하다. 또한, 상기 모니터링 PD(330) 흡수층의 지수함수적인 밴드테일 (Urbach tail)에 의한 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 광신호 흡수를 최소화하기 위한 길이로 설계 되어야 한다. 이를 위하여는 상기 모니터링 PD(320)의 길이가 짧을수록 유리하다. 따라서, 상기 두가지 조건에 맞는 최적 조건을 찾아야 하며 이는 DBR 거울(314)의 반사율과 모니터링 PD(320) 흡수층의 에너지 띠 간격에 의존한다.

<41> 도 5d를 참조하면, 상기 DBR 거울(314)이 형성된 결과물에 대하여 소정의 광 묘화 공정을 거친 후, $1.55\mu\text{m}$ 의 광 신호 검출용 PD(330)를 제작하기 위하여 InGaAs 광 검출층(308)을 버트 결합 방식으로 재성장시킨다. 그 후, 상부에 p형 클래드층(309)을 성장시킨다. InGaAs 광 검출층(308)은 $1.55\mu\text{m}$ 의 광신호를 흡수하여 검출하는 영역이다. 충분한 광 흡수를 위하여 상기 InGaAs 광 검출층(308)의 길이는 $100\mu\text{m}$ 이상으로 설계한다. 상기 InGaAs 광 검출층(308)은 $1.3\mu\text{m}$ 파장 또는 $1.55\mu\text{m}$ 파장을 모두 흡수하므로, 상기 DBR 거울(314) 및 모니터링 PD(320)의 흡수층(306)의 최적 설계를 통하여 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 빛이 InGaAs 광 검출층(308)으로 들어오는 것을 막아야 한다. 이를 막지 못하면, $1.55\mu\text{m}$ 광 신호와 $1.3\mu\text{m}$ 의 잡음이 섞여 양방향 광송수신 모듈로서의 기능을 상실한다.

- <42> 도 5e를 참조하면, 상기 1.3 μm DBR LD(310), 모니터링 PD(320), 및 광 신호 검출용 PD(330) 광 소자가 각각 독립적인 기능을 수행하기 위하여 전기적으로 상기 3개 영역을 분리시킨다. 이를 위하여, 1.3 μm DBR LD(310), 모니터링 PD(320), 및 광 신호 검출용 PD(330)를 구성하는 각 영역 사이에 절연 영역(345, 346)을 형성한다. 상기 절연 영역(345, 346)을 형성하기 위하여 화학 식각 방법을 이용하여 수직 방향으로 상기 활성층(302)에 인접하게 채널을 형성하거나 이온 주입 방법을 이용할 수 있다.
- <43> 상기와 같이 수평 집적형으로 공정이 완료된 소자에 3개 영역으로 나뉜 독립된 p-전극(350a, 350b, 350c)과, 공통의 n-전극(360)을 형성한다.
- <44> 상기 설명한 방법으로 형성된 광소자를 동작시키기 위하여 상기 1.3 μm DBR LD(310)에는 순방향으로 전기를 인가하고, 각각의 PD에는 역방향의 바이어스를 인가한다. 즉, 공통의 n-전극(360)을 접지로 하고 레이저 부분의 p-전극(350a)에는 양극을, 모니터링 PD(320) 및 광 신호 검출용 PD(330) 부분의 p-전극(350b, 350c)에는 음극을 인가하여 소자를 작동 시킨다.
- <45> 도 6은 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈에서 양방향 통신에 사용되는 상향과 하향 신호 광들이 각 영역에서 어떻게 흡수되는가를 도식적으로 설명하기 위한 도면으로서, 1.55 μm 의 하향 광신호와 1.3 μm 의 모듈에서 발생하는 상향 광신호가 각 영역에서 어떻게 발생되며 흡수되고 투과하는지를 개략적으로 도시하였다.
- <46> 1.55 μm 의 하향 광신호는 1.3 μm DBR LD(310) 및 모니터링 PD(320)에서는 흡수가 일어나지 않고 광 신호 검출용 PD(330)에서 흡수가 일어나 광전변환을 거쳐 신호 처리가 된다.

<47> 반면, 모듈에서 발생하는 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 상향 광신호는 DBR 거울(314)에 의해 약 95 ~ 95% 반사되어 광섬유 쪽으로 대부분의 광출력이 출사되어 나가고, 일부인 약 1 ~ 5%의 광출력이 모니터링 PD(320)에 흡수되어 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD(310)의 출력을 모니터링한다. 따라서, $1.3\mu\text{m}$ 파장의 빛은 광 신호 검출용 PD(330)에는 흡수되지 않으므로 송신 신호와 수신 신호 간의 섞임을 방지할 수 있다.

【발명의 효과】

<48> 본 발명에 따른 광송수신 모듈은 한 가닥의 광섬유를 사용하여 송신 및 수신 광신호를 동시에 전송하는 양방향 통신에 있어서, 광송신용 반도체 LD, 광 신호 검출용 PD, 및 LD의 광출력을 모니터링하는 모니터링 PD를 동일한 반도체 기판 위에 수평으로 집적시켜 얻어진 것이다. 특히, 본 발명에서는 양방향 통신에 사용되는 광송수신 모듈을 집적화하여 제작할 때, 발광 영역과 수광 영역이 서로 광학적으로 분리될 수 있도록 발광 영역의 후단에 DBR 거울과, 모니터링 PD로 사용할 흡수층을 형성한다. 따라서, 레이저에서 나오는 광 송신 신호가 수광 영역으로 흡수되는 것을 완벽하게 차단하므로 정확한 수신 정보를 얻을 수 있다. 또한, 후단에는 모니터링 PD와 광신호 검출용 PD가 버트 결합(butt-joint)방식에 의하여 집적되어 있다. 이와 같은 방법으로 형성된 모듈은 종래 기술에 따라 지금까지 이용되어 온 방법 즉 여러 개의 광 소자를 다양한 광 부품과 결합하여 조립하는 방법을 대체할 수 있는 것으로, 광송수신 모듈 단가를 현저히 낮출 수 있다.

<49> 본 발명에 따르면, 각각의 단위 광소자를 제작한 후 하나의 기판 위에 하이브리드 형태로 패키징하는 종래 기술에 따른 소자에 비하여 소자의 특성이 우수하며 광분기가 없어 삽입 손실도 작을 뿐 아니라 광소자의 갯수도 작고 광 정렬이 간단하므로 모듈 단

가를 낮출 수 있다. 또한, 종래 기술에 따른 집적형 광송수신 모듈에 비하여 정렬이 간단하고 특수 광섬유를 사용하지 않고 일반 광섬유를 사용할 수 있으며, 송신광과 수신광 사이의 크로스토크(crosstalk)를 개선하여 우수한 특성을 제공할 수 있다.

<50> 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형이 가능하다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

한 가닥의 광섬유를 사용하여 송신 및 수신 광신호를 동시에 전송하는 양방향 광송수신 모듈에 있어서,

1.3 μm 대역의 빛에 대한 발광 기능을 행하는 활성층과 상기 활성층에 인접하게 형성된 DBR (distributed Bragg reflection) 거울을 포함하는 1.3 μm DBR LD와,

1.3 μm 파장의 빛은 흡수하고 1.55 μm 파장의 빛은 투과하도록 소정의 에너지 띠 간격을 가지는 모니터링 PD와,

1.55 μm 파장의 신호를 흡수하도록 소정의 에너지 띠 간격을 가지는 광 신호 검출용 PD와,

상기 1.3 μm DBR LD, 모니터링 PD, 및 광 신호 검출용 PD를 각각 전기적으로 분리시키기 위한 절연 영역과,

상기 1.3 μm DBR LD, 모니터링 PD, 및 광 신호 검출용 PD에 각각 형성된 p-전극과,

공통 전극인 n-전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 DBR 거울은 95 ~ 99%의 반사율을 가지는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.



【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 DBR 거울을 통하여 나오는 $1.3\mu\text{m}$ 파장의 신호를 완벽하게 흡수하기 위하여 상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에 인접하게 형성된 InGaAsP 반도체층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 InGaAsP 반도체층은 에너지 띠 간격이 $0.85 \sim 0.9\text{eV}$ 인 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 5】

제3항에 있어서,

상기 InGaAsP 반도체층은 버트 결합(butt-joint) 방식의 재성장에 의하여 상기 활성층에 인접하도록 형성된 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 6】

제1항 또는 제3항에 있어서,

하향의 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 광신호를 흡수하기 위하여 상기 모니터링 PD에 인접하게 형성된 InGaAs 광 검출층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 절연 영역은 화학 식각 또는 이온 주입 방법에 의하여 형성된 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

【청구항 8】

한 가닥의 광섬유를 사용하여 송신 및 수신 광신호를 동시에 전송하기 위하여 제1항에 따른 양방향 광송수신 모듈을 구동하는 방법에 있어서,

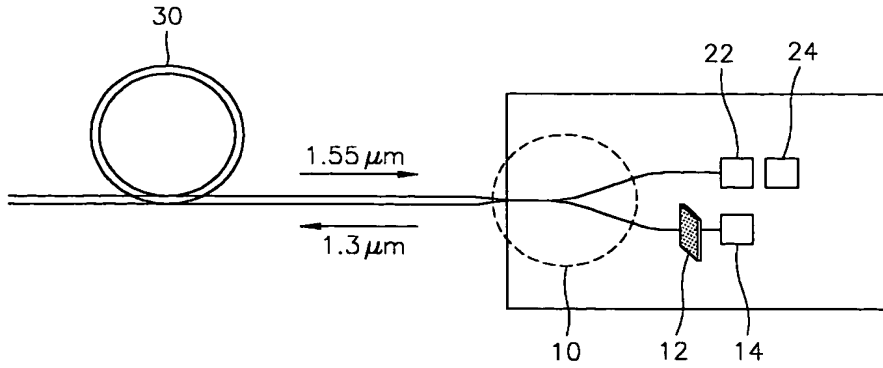
상기 $1.3\mu\text{m}$ DBR LD에 형성된 p-전극에 순방향 바이어스(+)를 인가하는 단계와,

상기 모니터링 PD 및 광 신호 검출용 PD에 형성된 p-전극에 역방향 바이어스(-)를 인가하는 단계와,

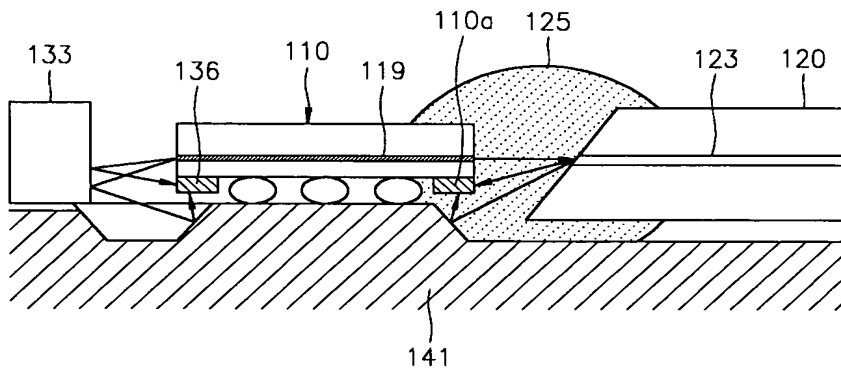
상기 n-전극을 접지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈의 구동 방법.

【도면】

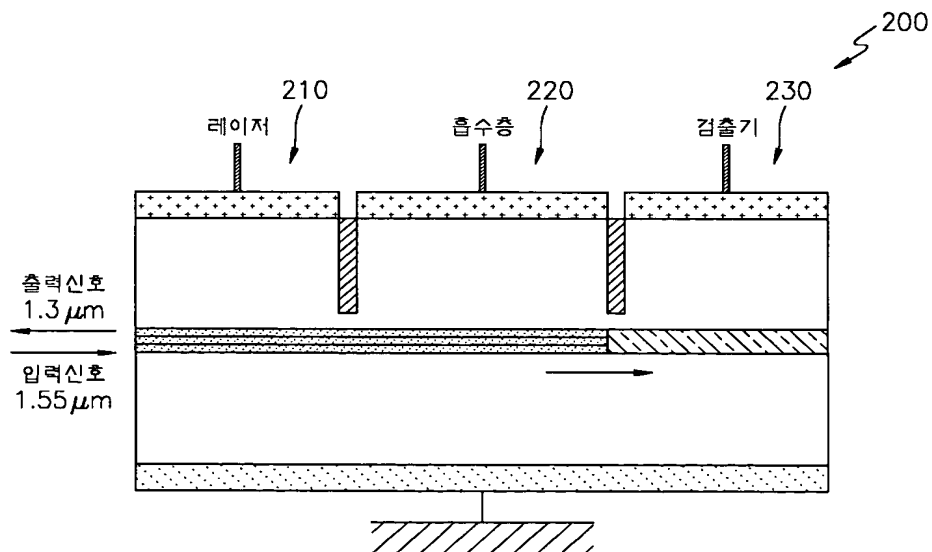
【도 1】



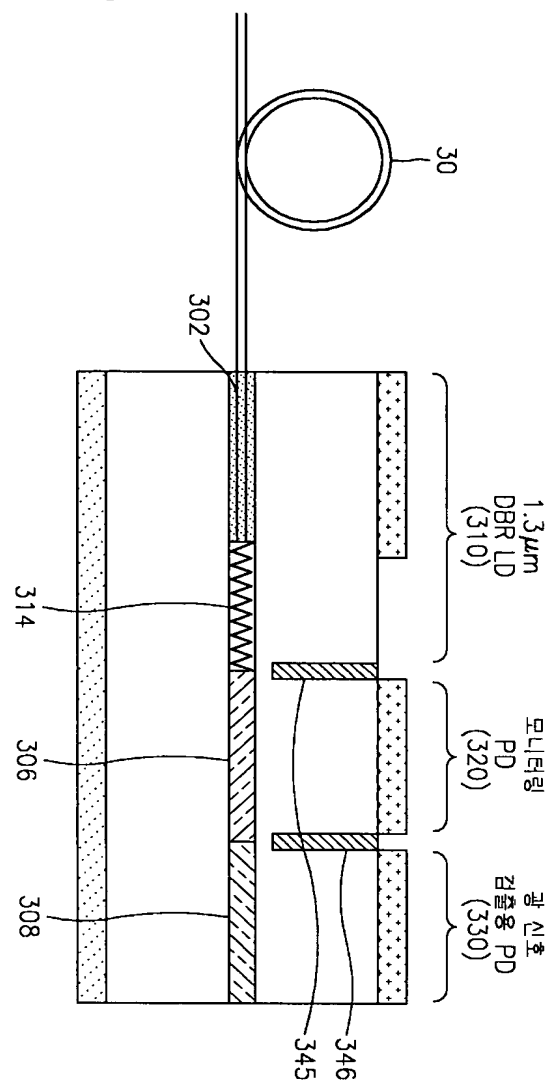
【도 2】



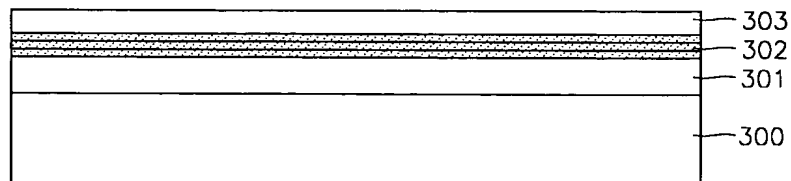
【도 3】



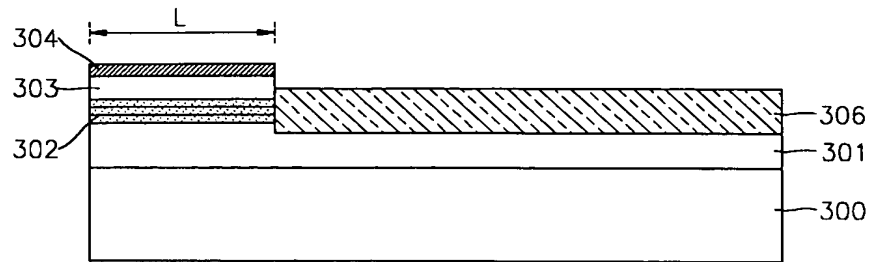
【도 4】



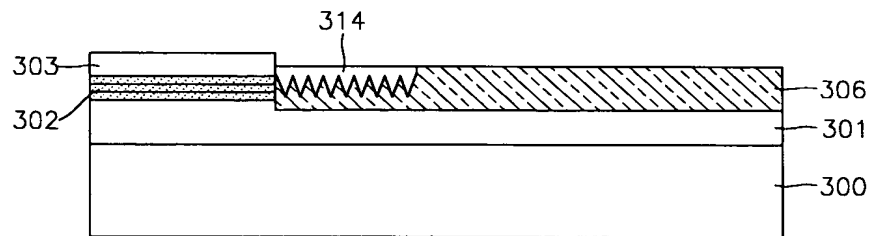
【도 5a】



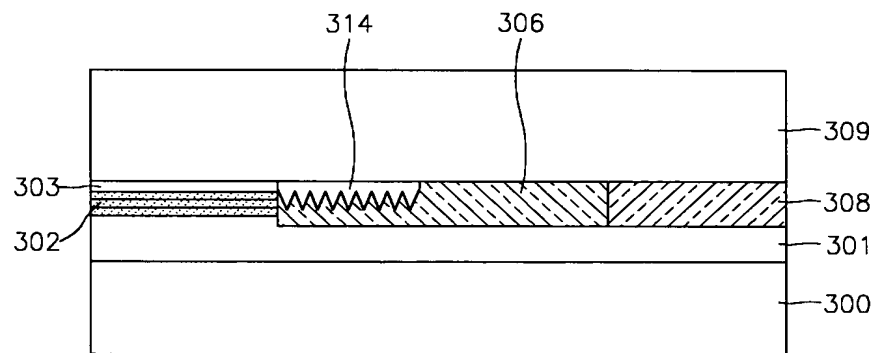
【도 5b】



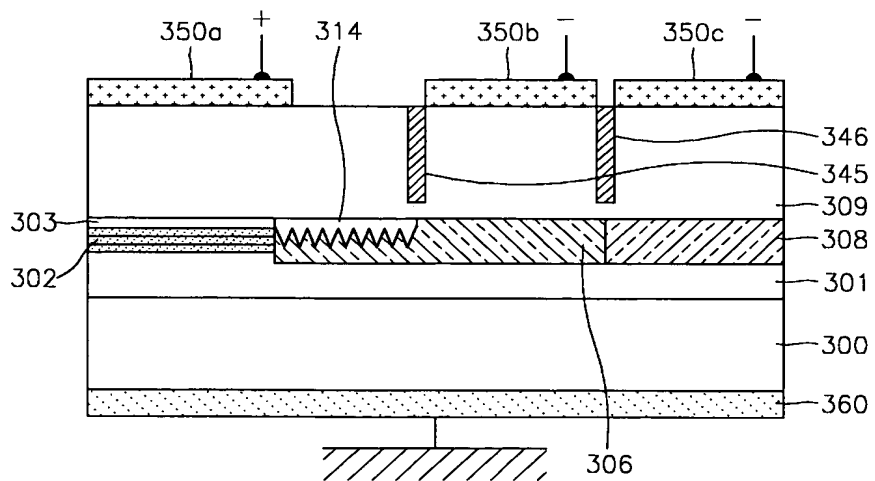
【도 5c】



【도 5d】



【도 5e】



【도 6】

